

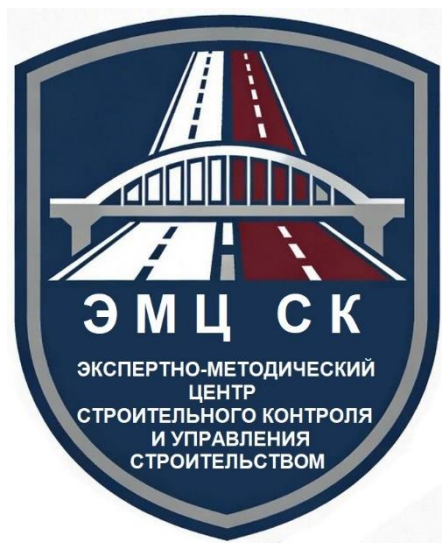


ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ЭКСПЕРТНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СТРОИТЕЛЬНОГО
КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

действующее без образования юридического лица и без осуществления предпринимательской деятельности

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по входному, операционному и приемочному контролю
при строительстве объектов метрополитена



Красноярск, 2026 год

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ЭКСПЕРТНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ
И УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

действующее без образования юридического лица
и без осуществления предпринимательской деятельности

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ИНЖЕНЕРА СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ
по входному, операционному и приемочному контролю
при строительстве объектов метрополитена

Красноярск, 2026 год

СВЕДЕНИЯ О ДОКУМЕНТЕ

Документ разработан Экспертно-методическим центром строительного контроля и управления строительством Красноярского края.

Документ подготовлен в рамках деятельности Центра по направлению обеспечения качества и безопасности строительства сооружений метрополитена.

Индекс документа: МП-СК-М-03.26-ЭМЦ

Контакт для связи: Expert-centr-24@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ

№ раздела	Заголовок раздела	Страница
1	Введение: зачем эта методичка	3
2	Нормативный фундамент: актуальная база для метрополитена	3
3	Виды строительного контроля при строительстве метрополитена	6
4	Входной контроль	9
5	Операционный контроль: работа в режиме реального времени	13
6	Приемочный контроль: финальная проверка	17
7	Горные и тоннельные выработки	20
8	Станционные комплексы метрополитена	24
9	Шахты, стволы и притоннельные сооружения	27
10	Реконструкция действующего метрополитена	30
11	Мониторинг деформаций и влияния на окружающую застройку	34
12	Типичные ошибки и способы их предотвращения (метро)	37
13	Чек-листы для ежедневной работы инженера строительного контроля метро	39
—	Заключение	43

1. ВВЕДЕНИЕ: ЗАЧЕМ ЭТА МЕТОДИЧКА

Данное методическое пособие разработано для инженеров строительного контроля, работающих на объектах строительства, реконструкции и капитального ремонта метрополитена: тоннелей, станций, шахт, притоннельных и вспомогательных сооружений.

Цель документа – дать практический, пошаговый инструмент для ежедневной работы инженера СК в условиях подземного строительства, а не переписать нормативные документы.

Что отличает эту методичку:

- Фокус на реальных ситуациях, с которыми инженер сталкивается на строительстве метро (щитовая проходка, котлованы в стесненных условиях, работа рядом с действующими линиями и застройкой).
- Структура «от простого к сложному» с четкой логикой контрольных операций: от входного контроля документации и материалов до приемки тоннельной обделки и станционного комплекса.
- Учет специфики различных способов строительства: открытый (котлованный) способ, «стена в грунте», щитовая и традиционная горная проходка, шахтный способ, замораживание и водопонижение.
- Акцент на мониторинге деформаций, осадок и влияния работ на существующие здания, сети и действующий метрополитен.
- Наличие чек-листов и алгоритмов действий при выявлении несоответствий, ориентированных именно на подземные сооружения.

Целевая аудитория пособия:

- Инженеры строительного контроля, работающие от имени застройщика (технического заказчика) на стройках метрополитена.
- Представители эксплуатирующей организации метро, привлекаемые к контролю качества строительства.
- Специалисты по геодезическому и инструментальному мониторингу, участвующие в сопровождении строительства.

Ограничения применения:

Пособие распространяется на контроль строительства подземных и наземных сооружений метрополитена (тоннели, станции, шахты, притоннельные сооружения, вестибюли, наклонные ходы), а также на мониторинг их состояния и влияния на окружающую застройку. Вопросы подвижного состава, систем сигнализации, связи, АСУ ТП, электроснабжения и других систем метрополитена в полной мере здесь не раскрываются; рассматриваются только в той части, где они непосредственно связаны со строительными конструкциями (закладные, крепления, отверстия, ниши и т.п.).

Важно: данное пособие носит рекомендательный, методический характер и предназначено для использования как практическое руководство инженера строительного контроля.

Обязательными к исполнению являются требования действующих технических регламентов, сводов правил, национальных стандартов, а также договорной и проектной документации. В случае расхождений приоритет всегда имеет нормативная и проектная документация; решения по спорным

вопросам принимаются застройщиком/техническим заказчиком совместно с проектировщиком с обязательной письменной фиксацией.

2. НОРМАТИВНЫЙ ФУНДАМЕНТ: АКТУАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА

Строительный контроль при строительстве метрополитена опирается на комплекс взаимосвязанных нормативных документов.

Инженер СК должен понимать их иерархию и зону ответственности каждого документа, чтобы корректно формировать требования и отстаивать свою позицию.

2.1. Общие принципы нормативного регулирования

- Приоритет имеют обязательные требования технических регламентов и иные обязательные нормативные правовые акты.
- Своды правил и национальные стандарты применяются как документы, содержащие правила и методы выполнения работ, критерии качества и контрольные методы.
- В проектной и договорной документации могут быть закреплены конкретные СП и ГОСТ, которые становятся обязательными к применению на конкретном объекте.
- При коллизии требований разных документов инженер СК обязан инициировать письменное согласование позиции застройщиком/техническим заказчиком совместно с проектировщиком и эксплуатирующей организацией метрополитена.

2.2. Базовые документы по строительству метрополитена

В основу строительного контроля на метро, как правило, входят:

- своды правил по проектированию и строительству метрополитенов;
- документы, регламентирующие порядок обследования и мониторинга подземных сооружений и окружающей застройки;
- общие документы по организации строительства и строительному контролю;
- специальные документы по подземным, тоннельным и гидротехническим сооружениям (в части, применимой к метрополитену).

Инженеру СК важно:

- иметь под рукой перечень действующих редакций СП по метрополитенам и связанных с ними документов;
- контролировать, чтобы проектная документация ссылалась на актуальные версии, а не на утратившие силу нормы;
- при реконструкции и строительстве рядом с действующими объектами метро учитывать документы по обследованию и эксплуатации подземных сооружений.

2.3. Нормативная база по строительному контролю и организации строительства

Для организации строительного контроля на объектах метрополитена применяются:

- общие своды правил по строительному контролю при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов капитального строительства;

- своды правил по организации строительства, определяющие требования к ППР, технологиям, охране труда и промышленной безопасности;
- нормативные документы по исполнительной документации, в том числе по ведению ее в электронном виде;
- стандарты, регламентирующие методы контроля качества материалов, работ, конструкций и порядок документирования результатов.

Инженер СК использует эти документы для:

- формирования требований к входному, операционному и приемочному контролю;
- разработки и согласования карт операционного контроля для подземных работ;
- проверки полноты и правильности ведения журналов, актов, исполнительных схем и протоколов испытаний.

2.4. Нормативы по мониторингу, деформациям и влиянию на застройку

Специфика метро – обязательный мониторинг влияния работ на окружающую застройку и действующие подземные сооружения.

Для этой части применяются документы, устанавливающие:

- порядок проведения обследований подземных сооружений и тоннелей;
- требования к системам мониторинга (геодезический, геотехнический, инструментальный контроль);
- предельные значения осадок, кренов, раскрытия трещин, деформаций отделки и конструкций зданий;
- порядок действий при приближении и превышении пороговых значений.

Инженер СК должен:

- знать, какие параметры подлежат обязательному мониторингу на конкретном объекте (осадки, горизонтальные смещения, раскрытие трещин и др.);
- контролировать наличие и исполнение программ мониторинга;
- фиксировать факты превышения установленных порогов и инициировать принятие мер (усиление крепи, изменение режима проходки, усиление оснований зданий и т.п.).

2.5. Требования к материалам и конструкциям метрополитена

Строительство метро опирается на широкий набор материалов и конструктивных решений:

- железобетонные и металлические отделки тоннелей;
- гидроизоляционные системы (рулонные мембраны, напыляемые материалы, инъекционные составы);
- бетон и железобетон повышенной водонепроницаемости и морозостойкости;
- крепи для горных выработок, анкерные и распорные системы, «стена в грунте»;
- материалы для тампонажных, инъекционных и водопонижительных работ.

Для каждого вида материалов и конструкций существуют нормативные документы, устанавливающие:

- требования к характеристикам (прочность, водонепроницаемость, трещиностойкость, коррозионная стойкость и т.д.);
- правила входного контроля (паспорта, сертификаты, протоколы испытаний);
- методы испытаний (кубики, керны, образцы, полевые испытания);
- требования к условиям транспортирования, хранения и применения в подземных условиях.

2.6. Принцип работы инженера СК с нормативной базой

Инженеру строительного контроля метрополитена необходимо:

- иметь систематизированный перечень нормативных документов, действующих на объекте (с указанием редакций и изменений);
- понимать, для какого этапа и вида работ какой документ является определяющим;
- при наличии разногласий и спорных ситуаций фиксировать свою позицию со ссылкой на конкретные требования норм и проектных решений;
- добиваться, чтобы все изменения проектных решений и используемых материалов сопровождалась корректировкой проектной и разрешительной документации, а не оставались «устными договоренностями».

Если такой уровень и логика описания нормативного фундамента подходят, дальше перейдем к разделу 3 «Виды строительного контроля при строительстве метро» – с развернутым описанием входного, операционного и приемочного контроля именно в контексте подземных работ и щитовой проходки.

3. ВИДЫ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА

Строительный контроль на объектах метрополитена, как и в других видах строительства, включает три взаимосвязанных этапа: входной, операционный и приемочный.

На подземных работах особенно важно соблюдать последовательность этих этапов: нельзя качественно принять тоннельную обделку или станцию, если были провалы во входном и операционном контроле.

3.1. Общая характеристика видов контроля

Таблица 1. Виды строительного контроля при строительстве метро

Вид контроля	Суть	Объект контроля	Результат
Входной	Контроль «на входе»	Документация, материалы, изделия, оборудование	Допуск / недопуск к применению
Операционный	Контроль процесса	Технологические операции и промежуточные результаты	Разрешение продолжать / предписание
Приемочный	Контроль результата	Законченные конструкции, этапы работ	Приемка / отказ в приемке

Последовательность:

- без входного контроля материалов и документации операционный контроль теряет смысл;
 - без полноценных операционных проверок приемка работ превращается в формальность;
 - нарушения последовательности приводят к рискам аварий, деформациям и невозможности доказать качество выполненных подземных работ.
-

3.2. Входной контроль на объектах метро

Суть: фильтр, не допускающий на объект ни материалы, ни оборудование, ни решения, не отвечающие проекту и нормам.

Для метро это особенно критично: ошибка в качестве бетона, гидроизоляции или тубингов может проявиться уже после ввода линии в эксплуатацию, когда исправление многократно дороже.

Объекты входного контроля:

- Проектная и рабочая документация:
 - разделы по подземным сооружениям, способам строительства, водопонижению, замораживанию, крепи, гидроизоляции;
 - схемы мониторинга и контроля за деформациями;
 - ППР на щитовую проходку, котлованные работы, «стену в грунте», буровзрывные работы (если применяются).
- Материалы и изделия:
 - бетон и ЖБИ повышенной водонепроницаемости и морозостойкости;
 - тубинги и элементы обделки;
 - гидроизоляционные материалы (мембраны, инъекционные составы, мастики);
 - анкерное, распорное и крепежное оборудование;
 - материалы для тампонажа, инъекций и водопонижения.
- Оборудование:
 - тоннелепроходческие комплексы (щит), домкратные станции, тампонажные установки;
 - насосное оборудование для водопонижения;
 - геодезические и геотехнические приборы системы мониторинга.

Результат:

- записи в журнале входного контроля/общем журнале работ;
 - акты проверки документации (приемка проектной и рабочей документации, ППР);
 - решения о допуске/недопуске материалов, изделий и оборудования.
-

3.3. Операционный контроль: работа в режиме реального времени

Суть: контроль того, как реально выполняются подземные работы и соблюдаются технологические режимы.

Инженер СК должен видеть процесс своими глазами и опираться на фактические измерения, а не только на отчеты подрядчика.

Основные объекты операционного контроля:

- Земляные и горные работы:
 - разработка котлованов и шахт, устройство «стены в грунте», крепеж котлованов;
 - проходка тоннелей (щитовая, горная), соблюдение режимов проходки и тампонажа;
 - выполнение водопонизительных и противодиффузионных мероприятий.
- Бетонные и железобетонные работы:
 - устройство фундаментных плит, стен и перекрытий станций и шахт;
 - бетонирование обделок, блоков, камер;
 - условия бетонирования и ухода за бетоном в подземных условиях.
- Гидроизоляция и защита от коррозии:
 - подготовка основания;
 - укладка и фиксация мембран, выполнение швов, примыканий и вводов;
 - инъекционные и тампонажные работы.
- Мониторинг:
 - регулярные геодезические и инструментальные измерения осадок и смещений;
 - оперативная оценка тенденций и фиксация отклонений.

Типичный функционал операционного контроля:

- измерения (толщины, геометрия, шаг анкеров/распорок, параметры проходки);
- визуальный контроль (качество поверхностей, состояние крепи, течи воды);
- лабораторный контроль (бетон, растворы, грунты, вода);
- документирование (журналы, операционные карты, фотоматериалы).

3.4. Приемочный контроль: финальная проверка

Суть: подтверждение соответствия законченного элемента или этапа работ проекту и нормам. На метро приемочный контроль должен учитывать не только геометрию и прочность, но и водонепроницаемость, деформационное состояние и результаты мониторинга.

Объекты приемочного контроля:

- Законченные участки тоннелей (по захваткам, блокам, участкам):
 - геометрические параметры оси и профиля;
 - качество и геометрия обделки, состояние швов и стыков;
 - результаты тампонажных и инъекционных работ;
 - отсутствие недопустимых течей, конденсации и повреждений.
- Станционные комплексы и шахты:

- фундаментные плиты, стены, перекрытия, колонны;
- наклонные ходы, лестничные марши, перегонные и служебные тоннели;
- гидроизоляция, дренаж, водоотвод.
- Система мониторинга и окружающая застройка:
 - анализ итоговых деформаций сооружений метро и окружающих зданий;
 - подтверждение, что параметры в пределах допустимых значений.

Результат:

- акты освидетельствования скрытых работ;
- акты приемки выполненных работ по этапам и конструктивным элементам;
- исполнительные схемы и чертежи;
- сводные отчеты по мониторингу и деформациям за период строительства.

3.5. Логика последовательности и ответственность

Таблица 2. Логика взаимосвязи видов контроля

Нарушенный этап	К чему приводит
Входной	Неудовлетворительное качество материалов и решений, риск скрытых дефектов
Операционный	Невозможность доказать соблюдение технологии, скрытые ошибки процесса
Приемочный	Формальная приемка, юридические риски, возможные ограничения эксплуатации

Ключевые правила инженера строительного контроля метрополитена:

- не допускать замен материалов и решений «по устной договоренности» без корректировки документации;
- не соглашаться на пропуск операционных измерений «в целях ускорения»;
- не принимать конструкции без полного набора исполнительной документации и результатов мониторинга.

4. ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ

Входной контроль при строительстве метрополитена – это барьер, не допускающий на объект материалы, оборудование и решения, не соответствующие проекту и требованиям нормативных документов.

Ошибки на этом этапе в подземном строительстве могут приводить к авариям, протечкам, деформациям и ограничению эксплуатации линии.

4.1. Входной контроль технической документации

Что подлежит проверке:

1. Проектная документация:
 - наличие всех разделов, относящихся к подземным сооружениям (тоннели, станции, шахты, притоннельные сооружения);
 - разделы по инженерно-геологическим условиям, водопонижению, замораживанию, защите от грунтовых вод;
 - решения по способам строительства (котлованный, щитовой, горный, «стена в грунте», шахтный способ);
 - раздел по мониторингу деформаций и влиянию на окружающую застройку.
2. Рабочая документация:
 - наличие комплектов чертежей по всем видам работ: котлованы, «стена в грунте», крепи, обделка, гидроизоляция, бетонирование, дренаж, стальные конструкции, закладные;
 - детализовка узлов примыканий, вводов, деформационных швов, шпонок, дренажей;
 - наличие листов изменений и актуальность редакций.
3. Проекты производства работ (ППР):
 - ППР на котлованные работы и крепление котлованов;
 - ППР на устройство «стены в грунте», анкеров, распорных систем;
 - ППР на щитовую проходку (режимы проходки, давление на забой, схема тампонажа, вынос грунта);
 - ППР на горную проходку (если применяется), буровзрывные работы, крепление выработок;
 - ППР на бетонирование подземных конструкций (последовательность, температурный режим, уход за бетоном).
4. Проекты мониторинга и обследований:
 - программа геодезического и инструментального мониторинга;
 - перечень контрольных сечений и пунктов наблюдений;
 - пределы допустимых деформаций и порядок реагирования на их превышение.

Критерии соответствия:

- полнота разделов и комплектность;
- соответствие актуальным нормативным требованиям;
- наличие согласований и экспертиз (где требуется);
- отсутствие противоречий между ПД, РД и ППР.

Оформление:

- акт приемки комплектов проектной и рабочей документации;
- журнал входного контроля документации;
- реестр действующих редакций чертежей и ППР, с фиксацией изменений.

4.2. Входной контроль материалов и изделий

Основные группы материалов для метрополитена:

1. Бетон и железобетон:
 - классы по прочности, водонепроницаемости, морозостойкости, трещиностойкости;
 - наличие паспортов качества и протоколов испытаний;
 - соответствие проектным маркам и требованиям по химической стойкости (агрессивные грунтовые воды).
2. Тيوبинги и элементы тоннельной обделки:
 - геометрическая точность (размеры, допуски, расположение отверстий и закладных);
 - качество бетона/металла, наличие сертификатов и протоколов испытаний;
 - наличие антикоррозионной защиты, защитных покрытий, уплотнительных прокладок в комплекте;
 - маркировка тيوبингов с привязкой к серии и партии.
3. Гидроизоляционные материалы:
 - рулонные и мембранные материалы, их тип, толщина, стойкость к давлению воды;
 - инъекционные и тампонажные составы (состав, время схватывания, прочность, адгезия);
 - мастики, шпонки, профили для деформационных швов;
 - соответствие проектным решениям и условиям подземного применения.
4. Крепеж, анкеры, распорки, «стена в грунте»:
 - анкеры и распорные системы (несущая способность, длина, коррозионная защита);
 - арматурные каркасы «стен в грунте», их геометрия и класс арматуры;
 - металлоконструкции временной и постоянной крепи.
5. Материалы для водопонижения и замораживания (если применяются):
 - трубы, фильтры, насосное оборудование;
 - растворы для тампонажа и инъекций;
 - хладоносители, оборудование систем искусственного замораживания.

Алгоритм входной проверки материалов:

1. Проверка наличия сопроводительных документов (паспорта, сертификаты, протоколы испытаний, декларации).
2. Сверка характеристик материалов с проектными требованиями (класс, марка, тип, состав).
3. Визуальный осмотр (повреждения, расслоение, дефекты, коррозия, геометрия).
4. Контроль сроков годности и условий хранения, особенно для гидроизоляции, химических составов и арматуры.
5. Отбор проб для лабораторных испытаний в объеме, установленном нормативами и ППР.

Результат:

- запись в журнале входного контроля и/или общем журнале работ;
- отметка о допуске/недопуске партии к применению;
- при необходимости – составление акта несоответствия с указанием дальнейших действий (возврат, допроверка, замена).

Таблица 3. Пример структуры записи по входному контролю материалов

Материал	Партия / № паспорта	Проектные требования	Фактические данные	Решение
Бетон В30 W10	Партия 15 / П-1234	В30, W10, F200	В30, W10, F200	Допущен
Тюбинги серия Т1	Партия 07 / Т-567	Геометрия по чертежу, класс бетона В40	Соответствует	Допущены
Мембрана ПВХ 2,0	Партия 04 / М-890	Толщина 2,0 мм, стойкость к давлению 0,5 МПа	Толщина 1,8–2,0 мм	Уточнить, частично допуск

4.3. Входной контроль оборудования

Ключевые типы оборудования:

- тоннелепроходческие комплексы (щиты);
- насосные станции водопонижения и дренажа;
- установки для инъекций и тампонажа;
- оборудование для замораживания грунта;
- геодезические и геотехнические приборы (тахеометры, нивелиры, датчики осадок, инклинометры, тензодатчики).

Инженер СК при входном контроле оборудования проверяет:

- наличие документации (паспорта, инструкции по эксплуатации, сертификаты);
- соответствие оборудования проектным решениям и ППР (тип, производительность, давление, глубина работы);
- состояние оборудования (отсутствие видимых повреждений, коррозии);
- наличие свидетельств о поверке для измерительных приборов;
- допуск оборудования к эксплуатации в конкретных условиях (подземные, взрывоопасные, влажные среды).

Результат:

- акт ввода оборудования в эксплуатацию;
- протокол проверки измерительных приборов и систем мониторинга;
- фиксация в журнале входного контроля.

4.4. Типичные нарушения при входном контроле (метро)

Примеры типичных ошибок:

- допуск тюбингов или бетонных изделий без проверки геометрии и марки бетона;

- использование гидроизоляционных материалов, не предусмотренных проектом, «по аналогии»;
- отсутствие лабораторных испытаний бетона в начальный период работ;
- применение анкеров и распорок без подтверждения несущей способности;
- эксплуатация щита или насосного оборудования без проверки документации и состояния.

Правило инженера строительного контроля метрополитена:

лучше задержать запуск щитовой проходки на сутки из-за отсутствия подтверждающих документов и испытаний, чем потом устранять деформации зданий и течи в обделке, когда тоннель уже пройден и обделка смонтирована.

5. ОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ: РАБОТА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Операционный контроль при строительстве метрополитена – это контроль процесса, а не только результата.

Задача инженера СК – присутствовать на критических операциях, фиксировать фактические параметры и своевременно останавливать неправильные действия, пока их еще можно исправить.

5.1. Общие принципы операционного контроля

Основные принципы:

1. Своевременность – контроль выполняется в момент проведения операции или сразу после нее, пока есть возможность внести коррективы.
2. Непрерывность на ключевых операциях – щитовая проходка, крепление котлованов, бетонирование обделок и станций требуют постоянного внимания.
3. Документирование – все измерения, замечания и решения фиксируются в журналах, картах операционного контроля и фото-/видео-материалах.
4. Приоритет безопасности – любые сомнения в устойчивости крепи, котлована, шахты, тоннеля или застройки вокруг приводят к немедленному приостановлению работ до выяснения.
5. Связка с мониторингом – операционный контроль всегда учитывает данные геодезического и геотехнического мониторинга (осадки, смещения, крены).

5.2. Карты операционного контроля для подземных работ

Для каждой ключевой операции на метро должна быть разработана карта операционного контроля. В ней задаются контролируемые параметры, их нормативные/проектные значения, методы контроля и объем измерений.

Структура карты операционного контроля:

- наименование операции;
- контролируемые параметры;
- требуемые значения и допустимые отклонения;
- методы контроля (измерительный, визуальный, лабораторный, инструментальный);
- средства контроля (приборы, шаблоны, датчики);
- объем контроля (частота, количество точек);
- ответственные лица (со стороны подрядчика и заказчика).

Таблица 4. Пример карты операционного контроля щитовой проходки (фрагмент)

Параметр	Требование / диапазон	Метод контроля	Объем контроля
Давление на забой	В соответствии с ППР, в допуске	Регистрация щита	Непрерывно, с анализом сменами
Скорость проходки	В пределах, установленных ППР	Журнал щита	По каждой смене
Объем тампонажного раствора	Не менее расчетного на 1 п.м. тоннеля	Счетчики, журнал	Каждая «такт/продвижка»
Расход воды в водопонижении	В заданном диапазоне	Приборы, журнал	Ежесменные записи
Осадки поверхности	Не выше предельных значений	Геодезический мониторинг	По графику мониторинга

5.3. Операционный контроль котлованов и «стены в грунте»

Ключевые операции:

- разработка котлована и устройство «стены в грунте»;
- установка анкеров и распорок;
- снятие грунта по захваткам с контролем деформаций.

Контролируемые параметры:

- геометрия котлована (отметки дна, вертикальность и отклонения стен);
- положение, шаг и глубина погружения элементов «стены в грунте»;
- усилия в анкерах и распорках (по данным датчиков, если предусмотрены);
- состояние поверхности и кромки котлована (трещины, осадки, оползания);
- уровень грунтовых вод и работа системы водопонижения.

Пример операционного контроля котлована:

- перед разработкой каждого яруса грунта – проверка готовности крепи (стена, анкеры, распорки);
- при поэтапной разработке – фиксация фактических отметок дна и отклонений стен;
- регулярный обход кромки котлована, зданий и сетей в зоне влияния, сверка с мониторингом.

5.4. Операционный контроль щитовой проходки

Щитовая проходка – одна из наиболее ответственных и непрерывных операций.

Инженер СК должен уделять особое внимание режимам работы комплекса и последствиям проходки для окружающей среды.

Основные блоки контроля:

1. Режим работы щита:
 - давление в забойной камере / на забой;
 - скорость проходки;
 - вращающий момент и усилие на резце (по данным щита);
 - состояние инструмента (по результатам осмотров и вскрытий).
2. Тампонаж и заполнение зазора:
 - объем и состав тампонажного раствора;
 - давление нагнетания;
 - наличие «провалов» по объему раствора на 1 погонный метр тоннеля;
 - отсутствие пустот и непрокачанных зон по данным контрольных отверстий/инъекций.
3. Монтаж тубингов:
 - правильность сборки колец и положение тубингов;
 - затяжка болтов, установка уплотнительных элементов;
 - контроль геометрии оси тоннеля и смещения колец.
4. Влияние на застройку:
 - анализ данных мониторинга осадков и смещений зданий и поверхности;
 - оперативная корректировка режимов проходки и тампонажа при неблагоприятных тенденциях.

Таблица 5. Пример ключевых параметров операционного контроля щитовой проходки

Блок контроля	Параметр	Тип контроля	Частота
Режим щита	Давление в забое	Приборы, регистрация	Непрерывно
	Скорость проходки	Журнал щита	По каждой смене
Тампонаж	Объем раствора на 1 п.м.	Счетчики, журнал	Каждый цикл/такт
	Давление нагнетания	Приборы	Постоянно, с записью
Монтаж тубингов	Смещение кольца, зазор	Измерения, шаблоны	Выборочно по кольцам

Блок контроля	Параметр	Тип контроля	Частота
Влияние на застройку	Осадки зданий и поверхности	Геодезический мониторинг	По программе мониторинга

5.5. Операционный контроль бетонирования и гидроизоляции

При бетонировании подземных конструкций и устройстве гидроизоляции важно:

- соблюдать последовательность работ, исключая «холодные швы» и незащищенные участки;
- контролировать подготовку основания (очистка, праймер, выравнивающий слой);
- проверять толщину и качество укладки гидроизоляционных слоев;
- контролировать температурный режим и условия твердения бетона в подземных условиях.

Примеры контролируемых параметров:

- осадка конуса бетона, температура смеси при укладке;
- толщина конструкций (по закладным и контрольным точкам);
- наличие и правильность установки закладных, анкеров, закладных гильз;
- сплошность и непрерывность гидроизоляции, качество швов и примыканий;
- качество деформационных швов и шпонок.

5.6. Действия при выявлении несоответствий

Общий алгоритм действий инженера СК:

1. Зафиксировать нарушение:
 - записи в журнале (дата, время, место, описание);
 - фото-/видеофиксация, привязка к оси/отметке;
 - при необходимости – отбор проб или дополнительное измерение.
2. Немедленно уведомить представителей подрядчика и ответственных лиц (мастер, прораб, главный инженер участка).
3. Прекратить или ограничить работы, если нарушение может повлиять на безопасность людей, устойчивость крепи, котлована, шахты или зданий на поверхности.
4. Оформить предписание с конкретными требованиями:
 - что именно нужно сделать (усилить, проверить, разобрать, переложить, выполнить инъекции и т.п.);
 - в какие сроки;
 - кто отвечает за выполнение.
5. Контролировать устранение нарушения и результаты:

- повторные измерения;
- дополнительные акты;
- при необходимости – корректировка ППР или проектных решений.

Главный принцип: любые компромиссы по качеству подземных конструкций и гидроизоляции неизбежно «всплывут» позже, когда устранение дефектов будет крайне сложным и дорогим.

6. ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ: ФИНАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА

Приемочный контроль при строительстве метрополитена – это проверка соответствия законченных конструкций и этапов работ требованиям проекта и норм.

Цель – подтвердить, что конструкция безопасна, работоспособна и может быть передана на последующие этапы или в эксплуатацию.

6.1. Отличие приемочного контроля от операционного

Таблица 6. Сравнение операционного и приемочного контроля

Признак	Операционный контроль	Приемочный контроль
Объект	Процесс выполнения работ	Законченный элемент или этап работ
Время	В ходе выполнения операции	После завершения работ по элементу/этапу
Цель	Предотвратить дефекты	Подтвердить соответствие результата
Возможность исправлений	В процессе, без крупных переделок	Часто требует разборки, усиления, дополнительных работ
Документ	Записи в журналах, карты операционного контроля	Акт освидетельствования, акт приемки, исполнительная документация

6.2. Общие требования к приемочному контролю

При приемке конструкций метрополитена инженер СК проверяет:

- геометрические параметры (отметки, размеры, толщина, уклоны);
- прочностные и деформационные характеристики (по протоколам испытаний и мониторингу);
- водонепроницаемость и качество гидроизоляции;
- наличие и состояние дренажей, водоотводов, дренажных и насосных устройств;
- полноту и корректность исполнительной документации;
- отсутствие дефектов, влияющих на безопасность, долговечность и эксплуатацию.

6.3. Приемочный контроль тоннелей

Объекты приемки:

- участки тоннеля по захваткам/блокам;
- обделка (тубинговая или монолитная);
- гидроизоляция и тампонаж;
- лотки, дренажи, технологические ниши, закладные детали.

Примерный перечень проверяемых параметров:

- геометрия оси тоннеля (план и профиль);
- внутренний габарит (диаметр, ширина, высота);
- положение и зазоры в стыках тубингов, качество швов;
- наличие течей, влажных пятен, высолов;
- состояние лотков и дренажей (уклоны, проходимость, отсутствие засоров);
- соответствие фактической толщины/сечения обделки проекту (для монолитной);
- результаты испытаний бетона (по образцам/кернам);
- результаты мониторинга деформаций обделки (если предусмотрены).

Таблица 7. Пример структуры приемочного контроля тоннельного участка

Параметр	Требование	Фактические данные	Примечание
Отклонение оси тоннеля по плану	Не более допустимого	В пределах / превышение	
Внутренний диаметр	Не менее проектного	Соответствует / отклонения	
Течи в швах и стыках	Не допускаются	Нет / есть (описание)	Меры по устранению
Толщина монолитной обделки	Не менее проектной	По вырубкам/кернам	
Состояние лотков и дренажей	Проходимы, уклон выдержан	Проверено	

6.4. Приемочный контроль станций

Объекты приемки:

- котлованный объем и контурные конструкции (стены, плиты, перекрытия);
- платформенный зал, перегонные и станционные тоннели;

- наклонные ходы, вестибюли, переходы;
- гидроизоляция, дренаж, технологические помещения.

Проверяемые параметры:

- геометрия (отметки пола, перекрытий, лестниц, уклоны платформ, высоты помещений);
- толщина и армирование конструкций (по исполнительным схемам и выборочным вскрытиям/сканированию, если предусмотрено);
- качество поверхностей, отсутствие раковин, наплывов, значительных трещин;
- целостность и сплошность гидроизоляции, отсутствие активных течей;
- наличие и работоспособность дренажных систем и сборных колодцев;
- соответствие закладных деталей и отверстий проекту (под оборудование, коммуникации).

Таблица 8. Пример элементов приемки станционного комплекса

Элемент станции	Основные параметры при приемке
Фундаментная плита	Толщина, отметки, армирование, гидроизоляция, трещины
Стены котлована/контурные стены	Вертикальность, толщина, трещины, течи, анкеры
Платформенный зал	Отметки пола, уклоны, габариты, отсутствие протечек
Наклонный ход	Геометрия, ровность, наличие потеков, состояние ступеней
Вестибюль	Отметки, габариты, состояние конструкций

6.5. Приемочный контроль шахт и стволов

Объекты приемки:

- стволы шахт (вертикальные и наклонные);
- крепь, обделка, кольца;
- лестничные клетки, площадки, проходки к тоннелям;
- вентиляционные и эвакуационные выработки.

Проверяемые параметры:

- отклонение шахты от вертикали/проектной оси;
- толщина и состояние обделки, наличие трещин, сколов, коррозии арматуры;
- наличие и эффективность дренажей и водосборных устройств;
- состояние лестниц, площадок, ограждений (прочность, безопасность);
- наличие и состояние гидроизоляции.

6.6. Приемочный контроль с учетом мониторинга

Важная особенность метрополитена – привязка приемки не только к состоянию конструкции, но и к результатам мониторинга за период строительства.

Инженер СК при приемке:

- анализирует отчеты мониторинга деформаций тоннеля, станции, шахты и окружающей застройки;
- проверяет, не превышены ли предельные значения осадок, смещений, кренов и раскрытия трещин;
- при приближении к предельным значениям инициирует разработку и реализацию компенсирующих мероприятий (усиление, инъектирование, дополнительный контроль) до окончательной приемки.

6.7. Оформление результатов приемочного контроля

Обязательные документы при приемке:

1. Акт освидетельствования скрытых работ – на работы, закрываемые последующими слоями (гидроизоляция, армирование, закладные, тампонаж, дренаж под плитами и т.п.).
2. Акт приемки выполненных работ – по конструктивным элементам и этапам (участок тоннеля, станционный блок, шахта).
3. Исполнительная документация:
 - исполнительные схемы и чертежи (планы, разрезы, привязки);
 - исполнительные профили и продольные разрезы тоннелей;
 - ведомости объемов, перечень установленных закладных, отверстий, элементов.
4. Протоколы испытаний:
 - бетона, растворов, материалов;
 - систем дренажа и водоотвода (пропускная способность, герметичность);
 - при необходимости – испытания на водонепроницаемость, нагрузку.
5. Отчеты по мониторингу деформаций за период строительства рассматриваемого участка.

Ключевое правило:

без полного пакета исполнительной документации и отчетов по мониторингу приемка конструкций метрополитена не должна осуществляться, даже при визуальном удовлетворительном состоянии.

7. ГОРНЫЕ И ТОННЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ

Горные и тоннельные выработки – ядро строительства метрополитена.

Качественный строительный контроль здесь определяет безопасность и долговечность не только линии метро, но и окружающей застройки.

7.1. Открытый способ: котлованы и тоннели в котлованах

Открытый (котлованный) способ применяется для станций мелкого заложения, притоннельных сооружений и участков тоннелей.

Основная задача инженера СК – обеспечить устойчивость котлована и качество возводимых в нем конструкций.

Основные этапы и объекты контроля:

- подготовка площадки и ограждение зоны работ;
- устройство «стены в грунте» или иного ограждения котлована;
- устройство анкеров и распорных систем;
- разработка котлована по ярусам;
- устройство оснований, плит, стен и перекрытий;
- обратная засыпка и восстановление поверхности.

Таблица 9. Пример операционных параметров контроля при открытом способе

Этап	Параметр	Что проверяет инженер СК
«Стена в грунте»	Глубина, вертикальность	Соответствие проекту, отсутствие завалов
Анкеры/распорки	Расстояние, глубина, усилия	Расположение, натяжение, защита от коррозии
Разработка котлована	Отметки дна, состояние стен	Отсутствие трещин, оползаний, подтоплений
Плита основания	Толщина, армирование	Соответствие чертежам, качество бетона
Стены и перекрытия	Геометрия, дефекты, течи	Вертикальность, ровность, отсутствие протечек

Особое внимание:

- контроль влияния котлована на соседние здания, сети, транспорт;
- своевременное включение в работу дренажей и водопонижения;
- запрет на изменение очередности разработки и демонтажа крепи без согласования.

7.2. Тоннели щитовой проходкой

Щитовая (механизированная) проходка – основной способ строительства перегонных тоннелей и ряда станционных выработок.

Для инженера СК важны два блока: режим работы проходческого комплекса и последствия проходки для окружающей среды.

Ключевые направления контроля:

1. Режимы работы щита
 - давление на забой;
 - скорость проходки;
 - характеристики приводов и резцовой части;
 - устойчивость забоя и обрушения.
2. Тампонаж и заполнение зазора
 - состав и подвижность тампонажного раствора;
 - объем раствора на погонный метр тоннеля;
 - давление нагнетания;
 - отсутствие непрокачанных зон и провалов.
3. Монтаж тубингов
 - правильность сборки колец, положение замковых тубингов;
 - зазоры и смещения в стыках;
 - затяжка болтов, состояние уплотнителей;
 - контроль оси тоннеля.
4. Влияние на окружающую застройку
 - показания мониторинга осадок и смещений;
 - связь всплесков деформаций с режимами проходки;
 - своевременная коррекция режимов работы щита.

Таблица 10. Основные параметры контроля при щитовой проходке

Блок	Параметр	Тип контроля	Частота
Щит	Давление на забой	Регистрация комплекса	Непрерывно
	Скорость проходки	Журнал щита	По каждой смене
Тампонаж	Объем раствора на 1 п.м.	Счетчики, журнал	Каждый цикл
	Давление нагнетания	Приборы	Постоянно
Тубинги	Смещение колец, зазоры	Измерения, шаблоны	Выборочно
Мониторинг	Осадки зданий, поверхности	Геодезия, датчики	По программе

7.3. Тоннели, возводимые в крепи (горная проходка)

Горная (традиционная) проходка применяется при сложных геологических условиях, на глубоких участках, при строительстве камер и нестандартных выработок.

Здесь инженер СК контролирует устойчивость выработки и своевременность установки крепи.

Объекты контроля:

- схема и последовательность разработки забоя;
- тип и параметры временной крепи (арочные, рамные, анкеры, набрызгбетон);
- качество бетона/набрызгбетона, толщину слоя и адгезию;
- состояние кровли, стенок, наличие трещин и вывалов;
- водопритоки, эффективность дренажа и водоотвода.

Пример контролируемых параметров:

- длина заходки и соответствие ППР;
- шаг и длина анкеров, глубина их заделки;
- толщина набрызгбетона (по контрольным маркерам/маякам);
- изменение показаний контрольных реперов, марок, тензодатчиков.

7.4. Крепление, обделка, гидроизоляция

Крепление и обделка – переход от временного состояния выработки к постоянной конструкции тоннеля.

Гидроизоляция – ключ к долговечной и безопасной эксплуатации.

Основные этапы:

- подготовка основания под обделку (очистка, выравнивание, грунтовка, установка направляющих);
- устройство гидроизоляции (мембраны, профили, шпонки, примыкания);
- монтаж арматуры (для монолитной обделки);
- бетонирование или монтаж блоков обделки;
- устройство дренажей и водоотводов.

Таблица 11. Пример контроля при устройстве гидроизоляции и обделки

Этап	Параметр	Что контролируется
Подготовка	Чистота и ровность основания	Отсутствие грязи, наплывов, острых кромок

Этап	Параметр	Что контролируется
Гидроизоляция	Толщина, нахлесты, сварные швы	Сплошность, отсутствие прожогов и разрывов
Примыкания и швы	Установка шпонок и профилей	Правильное положение, надежная фиксация
Армирование	Расположение, защитный слой	Соответствие проекту, фиксация стержней
Обделка (бетон)	Толщина, качество поверхности	По маякам/шаблонам, отсутствие раковин

Особое внимание:

- недопустимо бетонировать по поврежденной или незавершенной гидроизоляции;
- все нарушения целостности гидроизоляции должны устраняться до бетонирования;
- при обнаружении течей после бетонирования должны выполняться инъекции и дополнительные мероприятия с оформлением актов.

7.5. Связка с мониторингом и безопасностью

На всех этапах работ по горным и тоннельным выработкам инженер СК сверяет фактическую ситуацию с данными мониторинга:

- если наблюдается рост осадок, смещений или трещинообразования, проверяются режимы проходки, крепь, водопонижение;
- при необходимости инициируются корректировки ППР, усиление крепи, дополнительные инъекции и др.;
- любые решения, связанные с безопасностью людей и устойчивостью выработки, фиксируются письменно.

8. СТАНЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ МЕТРОПОЛИТЕНА

Станции метрополитена – наиболее сложные и ответственные сооружения: здесь концентрируются пассажиры, инженерные системы и основные архитектурные решения.

Инженер СК контролирует как подземную «коробку» станции, так и элементы, обеспечивающие безопасность и эксплуатацию.

8.1. Станции мелкого заложения (котлованный способ)

Такие станции чаще всего выполняются в открытом котловане.

Ключевые стадии: котлован и ограждение, фундаментная плита, стены, перекрытия, платформа, гидроизоляция, обратная засыпка.

Основные объекты контроля:

- геометрия котлована и ограждений, состояние крепи, отсутствие деформаций;
- устройство фундаментной плиты (толщина, армирование, качество бетона, гидроизоляция под плитой);
- возведение наружных и внутренних стен (геометрия, армирование, отверстия и закладные);
- перекрытия и ригели (толщина, прогибы, соответствие отметок);
- платформа и пути (уклоны, ровность, отметки относительно оси тоннелей);
- гидроизоляция по контуру станции, дренаж, водоотвод.

Таблица 12. Пример контролируемых параметров станции мелкого заложения

Элемент	Параметр	Контроль инженера СК
Фундаментная плита	Толщина, армирование, отметка	Замер, сверка с чертежами, протоколы бетона
Наружные стены	Вертикальность, толщина, трещины	Измерения, визуальный осмотр
Перекрытия	Толщина, прогибы, дефекты	Контроль по маякам, визуальный осмотр
Платформа	Отметка, уклон, ровность	Инструментальные измерения
Гидроизоляция	Сплошность, швы, протечки	Осмотр, испытания (при необходимости)

Особое внимание:

- отсутствие активных протечек в стыках стены/плита и в местах ввода коммуникаций;
- корректность расположения закладных под инженерные системы и отделку;
- контроль обратной засыпки (послойное уплотнение, отсутствие крупного строительного мусора).

8.2. Станции глубокого заложения

Станции глубокого заложения могут быть сводчатыми, пилонными, колонными, многосводчатыми. Они часто строятся горным способом, с проходкой камер, сводов и тоннелей сложной формы.

Объекты контроля:

- камеры и своды станционных залов (форма, устойчивость, крепь, набрызгбетон);
- обделка станционного зала, пилоны, колонны;
- сопряжения со станционными и перегонными тоннелями;
- гидроизоляция и дренаж в условиях высокого напора грунтовых вод;
- лестничные марши, переходы, технологические и служебные помещения.

Пример контролируемых параметров:

- геометрия сводов (профиль по шаблонам/сканированию, отклонения от проектной формы);
- толщина набрызгбетона и окончательной обделки;
- качество анкеров и арматурных каркасов;
- наличие и состояние деформационных швов, шпонок и компенсаторов;
- отсутствие недопустимых трещин и течей в сводах, пилонах, колоннах.

Таблица 13. Контроль элементов станции глубокого заложения

Элемент	Основные параметры при контроле
Камера станционного зала	Профиль свода, крепь, трещины, течи
Пилоны/колонны	Геометрия, вертикальность, трещины
Свод и облицовка	Толщина, качество бетона/обделки, протечки
Дренажи	Уклоны, проходимость, отсутствие засоров

8.3. Наклонные ходы, вестибюли, переходы

Наклонные ходы (эскалаторные тоннели), вестибюли и переходы обеспечивают связь станции с поверхностью и пересадками.

Здесь контроль сосредоточен на геометрии, гидроизоляции и безопасности.

Наклонные ходы:

- геометрия (угол наклона, длина, сечения);
- ровность и качество поверхности обделки;
- отсутствие протечек и наледей;
- правильное расположение закладных под эскалаторные устройства.

Вестибюли:

- отметки пола, высоты, габариты проходов;

- прочность и состояние несущих конструкций;
- наличие и правильность ограждений, лестничных маршей, пандусов;
- качество гидроизоляции и водоотвода (особенно у входных групп).

Переходы и галереи:

- ширина и высота проходов;
- отсутствие выступающих элементов, мешающих безопасному движению;
- состояние гидроизоляции, отсутствие протечек и конденсата;
- уклоны полов и наличие неуклонов (для отвода воды).

8.4. Особенности контроля архитектурно-отделочных решений (в контексте СК)

Хотя архитектурная отделка формально может относиться к отделочным работам, инженер СК метрополитена должен учитывать:

- влияние отделочных систем на доступ к несущим конструкциям и гидроизоляции;
- наличие ревизионных люков и возможностей доступа для осмотров и обслуживания;
- соответствие нагрузок от облицовки проектным расчетам (особенно для тяжелых каменных и металлических панелей);
- корректность установки крепежных элементов, не нарушающих гидроизоляцию и защитные слои.

8.5. Общие требования к исполнительной документации по станциям

По станционному комплексу в целом инженер СК контролирует наличие:

- исполнительных планов, разрезов и фасадов станции с фактическими размерами и отметками;
- исполнительных схем армирования, закладных и отверстий;
- актов освидетельствования скрытых работ по гидроизоляции, дренажам, армированию, закладным;
- протоколов испытаний бетона, гидроизоляционных материалов, дренажных систем;
- итоговых отчетов по мониторингу (для глубоких и сложных станций – особенно по сводам и окружающей застройке).

8. ШАХТЫ, СТОЛЫ И ПРИТОННЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Шахты и притоннельные сооружения обеспечивают проходку, вентиляцию, эвакуацию, водоотвод и технологический доступ.

Ошибки на этих объектах напрямую влияют на безопасность работ и дальнейшую эксплуатацию линии метро.

9.1. Стволы шахтного типа

К стволам относятся вертикальные и наклонные выработки, используемые для проходки, вентиляции, эвакуации, подъема/спуска грузов и оборудования.

Основные этапы и объекты контроля:

- устройство ограждения ствола (кольца, «стена в грунте», замораживание, крепи);
- разработка грунта/скальных пород по ступеням или захваткам;
- временная крепь и крепление кровли/стенок;
- обделка ствола (бетонная, железобетонная, тубинговая);
- лестничные марши, площадки, ограждения;
- водоотвод и дренажные устройства.

Таблица 14. Пример контролируемых параметров ствола

Этап	Параметр	Контроль инженера СК
Разработка ствола	Отклонение от вертикали/оси	Геодезические измерения
Временная крепь	Расположение, шаг, состояние	Визуальный осмотр, сверка с ППР
Обделка ствола	Толщина, трещины, протечки	Измерения, визуальный осмотр
Лестницы и площадки	Прочность, ограждения, коррозия	Осмотр, проверка креплений
Дренаж и водоотвод	Наличие, уклоны, проходимость	Осмотр, промывка/продувка при необходимости

Особое внимание:

- недопустимость нахождения людей в стволе при признаках нестабильности крепи или притоков воды, превышающих расчетные;
- постоянный контроль целей (вертикальности) ствола при строительстве глубоких шахт;
- наличие и исправность аварийных лестниц и площадок при глубокой проходке.

9.2. Вентиляционные и эвакуационные выработки

К этой группе относятся:

- вентиляционные шахты и тоннели;

- эвакуационные выходы и галереи;
- поперечные и продольные вентиляционные каналы.

Инженер СК контролирует:

- геометрические параметры (сечения, высота, ширина, уклоны);
- качество и целостность отделки и гидроизоляции;
- наличие и правильность ограждений, лестниц, площадок, дверей;
- наличие и состояние мест под установку вентиляционного оборудования;
- отсутствие недопустимых протечек, наледи и конденсата в зонах возможного прохода людей.

Таблица 15. Контроль вентиляционных и эвакуационных выработок

Элемент	Основные параметры при контроле
Вентиляционный тоннель	Сечение, геометрия, трещины, протечки
Эвакуационный выход	Ширина и высота проходов, лестницы, ограждения
Камера вентиляционного узла	Габариты, закладные, гидроизоляция, дренаж

9.3. Камеры, притоннельные и технологические сооружения

К притоннельным сооружениям относятся:

- камеры съездов, оборотные и соединительные ветви;
- узлы съездов, тупики оборота составов;
- камеры включения/отключения, дренажные и насосные станции;
- технические камеры под инженерное оборудование.

Объекты контроля:

- геометрия камер (габариты, отметки, уклоны лотков и полов);
- толщина, армирование и качество бетона стен, плит и перекрытий;
- наличие и правильность установки закладных под рельсы, стрелочные переводы, оборудование;
- устройство и работоспособность дренажей и насосных колодцев;
- отсутствие протечек в зонах, где размещается электро- и другое оборудование.

Таблица 16. Пример контролируемых параметров притоннельных сооружений

Сооружение	Параметр	Контроль инженера СК
Камера съезда	Геометрия, отметки, уклоны	Измерения, сверка с проектом

Сооружение	Параметр	Контроль инженера СК
Насосная станция	Объем, отметки, водоотвод	Проверка дренажей и колодцев
Соединительная ветвь	Радиусы, уклоны, обделка	Геодезия, визуальный осмотр

9.4. Безопасность работ и временное состояние выработок

Шахты и притоннельные сооружения часто долго находятся в «временном» состоянии до завершения всех работ.

Инженер СК должен учитывать:

- долговременную устойчивость временной крепи и необходимость ее усиления при затягивании сроков;
- защиту от подтопления и затопления (особенно насосных и дренажных сооружений);
- состояние проходов, лестниц, площадок и ограждений, их пригодность для эвакуации и доступа персонала;
- соответствие фактических условий требованиям охраны труда и промышленной безопасности.

9.5. Исполнительная документация по шахтам и притоннельным сооружениям

Для этих объектов оформляются:

- исполнительные разрезы и профили шахт, стволов, камер, притоннельных тоннелей;
- схемы армирования и закладных, привязанные к осям и отметкам;
- акты освидетельствования скрытых работ (крепь, гидроизоляция, арматура, дренажи);
- протоколы испытаний бетона, металлоконструкций, анкерных систем;
- отчеты по мониторингу (при необходимости – для глубоких шахт и камер, влияющих на застройку).

10. РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Реконструкция и модернизация действующего метро принципиально отличаются от строительства «с нуля».

Главный приоритет инженера СК здесь – безопасность пассажиров, персонала и сохранность существующих сооружений и оборудования.

10.1. Особенности и риски реконструкции

Ключевые особенности:

- работы в условиях действующей инфраструктуры (действующие тоннели, станции, инженерные системы, контактный рельс, напряжение);
- жесткие «окна» и технологические перерывы, ночные смены;
- ограниченные габариты, стесненность и сложная логистика доставки материалов и выноса отходов;
- необходимость увязки работ с графиком движения поездов и технологическими регламентами эксплуатации.

Основные риски:

- повреждение конструкций действующих тоннелей и станций;
- нарушение гидроизоляции и появление течей;
- влияние на пути, стрелочные переводы, кабельные линии;
- снижение уровня безопасности эвакуации и пожарной безопасности на время работ.

10.2. Входной контроль при реконструкции

Помимо стандартной проверки документов, материалов и оборудования, инженер СК должен:

- проверить наличие специальных регламентов и инструкций по производству работ в условиях действующего метро (порядок допуска, отключения напряжения, работы в тоннелях и на станциях);
- убедиться в наличии согласованного с эксплуатирующей организацией ППР, учитывающего «окна», перегоны, ограничения по шуму и вибрации;
- проверить программы временного изменения схем эвакуации, пожарной защиты и вентиляции на период работ;
- оценить исходное техническое состояние конструкций по результатам обследования (трещины, деформации, коррозия, течи) – это «точка отсчета» для последующего контроля.

При входном контроле материалов особое внимание:

- совместимость новых материалов с существующими (бетон, гидроизоляция, инъекционные составы, защитные покрытия);
- использование материалов с быстротвердеющими и низкоусадочными свойствами для работ в «окна»;
- безопасность материалов в условиях ограниченной вентиляции (летучесть, токсичность, пожароопасность).

10.3. Операционный контроль при реконструкции тоннелей и станций

Основные типы работ:

- усиление и ремонт обделки тоннелей (инъекции, набрызгбетон, дополнительные оболочки);
- ремонт и восстановление гидроизоляции, устранение течей;
- замена или усиление конструкций платформ, лестниц, перекрытий, колонн;
- устройство новых проемов, ниш, технологических камер;
- переустройство дренажей и водоотвода.

Ключевые задачи операционного контроля:

- не допустить снижения несущей способности и устойчивости конструкций в процессе работ;
- минимизировать вибрационные и ударные воздействия (особенно при бурении, резке, демонтаже);
- контролировать, чтобы временные конструкции (подпорки, подмости, временные крепи) соответствовали нагрузкам и условиям работы.

Примеры контролируемых операций:

1. Инъекционные и герметизационные работы:
 - состав и параметры инъекционных растворов (вязкость, время начала и конца схватывания);
 - давление инъекции и объем по каждой точке;
 - отсутствие выпучивания обделки и новых трещин;
 - контроль прекращения течей и фильтрации.
2. Усиление обделки и конструкций:
 - правильность установки анкеров и швеллеров/рам;
 - толщина и качество набрызгбетона;
 - выверка геометрии усиленных сечений (непересечение габаритов подвижного состава и эвакуационных проходов).
3. Работы в зоне путей и платформ:
 - соблюдение габаритов приближения строений к пути;
 - защита оборудования и путевой инфраструктуры от повреждений и загрязнения;
 - оперативное восстановление работоспособности пути и систем безопасности к началу движения поездов.

Таблица 17. Пример операционного контроля при реконструкции тоннеля

Вид работ	Параметр	Контроль инженера СК
Инъекции	Давление, объем, состав	Журнал, наблюдение за обделкой
Набрызгбетон	Толщина, адгезия, трещины	Контроль по маякам, визуальный
Усиление обделки анкерами	Длина, шаг, усилия натяжения	Сверка с проектом, протоколы

Вид работ	Параметр	Контроль инженера СК
Работы в зоне путей	Габарит, состояние пути	Измерения, совмещение с эксплуатацией

10.4. Приемочный контроль при реконструкции

При приемке работ по реконструкции учитывается:

- исходное состояние конструкций (по материалам обследования) и достигнутый эффект усиления/ремонта;
- соответствие выполненных работ проекту и требованиям эксплуатирующей организации;
- влияние выполненных работ на эксплуатационные параметры (габариты, гидроизоляция, дренаж, вентиляция, шум и вибрация).

Особенности приемки:

- обязательное участие представителей эксплуатирующей организации метро;
- проверка в условиях реальной эксплуатации (при включенных системах, движении поездов, имитации аварийных режимов – при необходимости);
- особое внимание к доступности для обслуживания и ревизии новых конструкций и систем (люки, проходы, ревизионные ниши).

Пример перечня приемочных параметров при реконструкции тоннеля:

- отсутствие активных течей и фильтрации воды по швам и трещинам;
- отсутствие признаков потери устойчивости (новых трещин, выпучивания, осадок);
- восстановление/сохранение требуемых габаритов по пути и эвакуационным проходам;
- работоспособность дренажей и насосных систем;
- полнота исполнительной документации (до и после реконструкции).

10.5. Организация безопасности при реконструкции

Инженер СК при реконструкции действующего метро должен дополнительно контролировать:

- соблюдение регламента допуска персонала в тоннели и на станции (инструктаж, наряды-допуски, СИЗ);
- выполнение требований по отключению/блокировке оборудования (контактный рельс, кабельные линии, вентиляция) согласно согласованным схемам;
- состояние временных ограждений и проходов для пассажиров, если работы ведутся вблизи действующих зон;

- наличие и поддержание в работоспособном состоянии средств пожаротушения и аварийного освещения в зоне работ;
- корректность временных схем эвакуации и указателей, если постоянные пути эвакуации временно ограничены.

Таблица 18. Основные направления контроля безопасности при реконструкции

Направление	Что проверяет инженер СК
Допуск к работам	Инструктаж, наряды, наличие СИЗ
Электробезопасность	Отключения, блокировки, заземления
Ограждения и проходы	Целостность, читаемость указателей, освещение
Пожарная безопасность	Огнетушители, пути эвакуации, связь, сигнализация

9. МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ И ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ЗАСТРОЙКУ

Мониторинг деформаций – обязательный элемент строительства и реконструкции метро.

Он позволяет вовремя выявить опасные изменения в состоянии сооружений метро и окружающих зданий и принять меры до развития аварийной ситуации.

11.1. Цели и общие принципы мониторинга

Основные цели:

- контроль воздействия строительных и реконструкционных работ на окружающую застройку и существующие сооружения метро;
- контроль деформативности возводимых конструкций тоннелей, станций, шахт;
- своевременное выявление тенденций, ведущих к превышению допустимых деформаций.

Принципы организации:

- мониторинг планируется на стадии проектирования и закрепляется в проектной документации;
- точки наблюдений и параметры контроля выбираются исходя из геологии, конструктивных решений и близости застройки;
- данные мониторинга регулярно анализируются и сопоставляются с этапами производства работ;
- система мониторинга должна обеспечивать не только фиксацию, но и оперативную реакцию.

11.2. Основные виды мониторинга

В строительстве и реконструкции метро применяются:

- геодезический мониторинг:
 - осадки и горизонтальные смещения зданий, сооружений и поверхности;
 - деформации конструкций тоннелей и станций (реперы, марки, контрольные сечения).
- геотехнический мониторинг:
 - деформации и прогибы крепей и обделок (тензодатчики, деформометры, инклинометры);
 - изменения напряженно-деформированного состояния грунтов (скважинные датчики, инклинометры).
- гидрогеологический мониторинг:
 - уровни грунтовых вод в наблюдательных скважинах;
 - дебиты дренажей, насосных установок и водопритоков в выработки.
- мониторинг действующих конструкций метро:
 - осадки и смещения обделки;
 - раскрытие трещин;
 - изменение зазоров между конструкциями.

Таблица 19. Пример параметров мониторинга

Вид мониторинга	Параметр	Пример объекта контроля
Геодезический	Осадка, горизонтальное смещение	Здания, поверхность, тоннели
Геотехнический	Прогибы, усилия, деформации	Крепёж, обделка, анкеры
Гидрогеологический	Уровень грунтовых вод	Наблюдательные скважины, дренажи

11.3. План мониторинга и точки наблюдений

План мониторинга должен содержать:

- перечень контролируемых параметров;
- расположение пунктов наблюдений (реперы, марки, скважины, датчики);
- периодичность измерений для каждого этапа работ;
- предельные и предупредительные значения деформаций;
- порядок взаимодействия участников при достижении порогов.

При выборе точек наблюдений учитывают:

- расположение зданий и сооружений в зоне влияния;
- трассы тоннелей, положение станций и шахт;
- особенности грунтов и уровня грунтовых вод;

- наличие действующих тоннелей и других подземных коммуникаций.
-

11.4. Периодичность и методы измерений

Периодичность зависит от:

- стадии работ (подготовка, активная фаза проходки, отделка, реконструкция);
- расстояния до объектов, чувствительных к деформациям;
- фактических тенденций, выявленных на предыдущих этапах.

Примеры:

- при активной щитовой проходке вблизи зданий – ежедневные или сменные измерения осадок;
- при стабильной ситуации и удаленных объектах – раз в несколько дней или недель;
- при реконструкции действующего тоннеля – повышенная частота контроля в период наиболее интенсивных работ (инъекции, усиление, демонтаж).

Методы:

- геодезические измерения (нивелирование, тахеометрия, лазерное сканирование);
 - автоматизированные системы мониторинга с регистрацией данных в режиме, близком к реальному времени;
 - ручные измерения датчиками и индикаторами (трещиномеры, деформометры, тензодатчики).
-

11.5. Предельные значения и уровни реагирования

Для каждого параметра устанавливаются:

- предупредительный уровень – значение, при достижении которого требуется усиленный контроль и анализ;
- предельный уровень – значение, при достижении которого необходимо немедленно изменить режим работ или приостановить их и принять меры.

Система реагирования может включать:

- изменение режимов проходки (снижение скорости, изменение давления, усиление тампонажа);
- усиление крепи выработки, дополнительные анкеры, набрызгбетон;
- дополнительные инъекционные или тампонажные работы;
- усиление фундаментов и конструкций зданий (обоймы, сваи, инъекции);
- временное ограничение или изменение технологии работ.

Таблица 20. Пример уровней реагирования

Параметр	Предупредительный уровень	Предельный уровень	Действия
Осадка здания	70–80% предела	100% предельного значения	Анализ, корректировка / остановка работ
Смещение тоннеля	70–80% предела	100% предельного значения	Усиление крепи, корректировка режимов

11.6. Роль инженера строительного контроля в системе мониторинга

Инженер СК не обязан сам выполнять все измерения, но он отвечает за:

- контроль наличия и исполнения программы мониторинга;
- получение и анализ отчетов мониторинга на регулярной основе;
- сопоставление изменений параметров мониторинга с этапами и режимами работ;
- фиксацию решений по реагированию в журнале и документах;
- инициирование корректировок ППР и проектных решений при необходимости.

Ключевое правило:

если данные мониторинга показывают неблагоприятную тенденцию (пусть даже параметры еще не достигли предельных значений), инженер СК обязан реагировать сразу – инициировать обсуждение и корректировки, а не ждать «формального» превышения.

12. ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ (МЕТРО)

12.1. Ошибки входного контроля

- Принятие тубингов и ЖБИ без проверки геометрии и марки бетона.
- Использование «аналогичных» гидроизоляционных материалов без подтверждения совместимости и без отражения в документации.
- Отсутствие исходной фиксации технического состояния действующих конструкций при реконструкции (нет «точки отсчета»).
- Недостаточный контроль оборудования: щит, насосы, инъекционные установки, измерительные приборы без поверки.

Меры предотвращения:

- жесткое правило «нет документов и измерений – нет допуска»;
- обязательный осмотр и выборочные измерения геометрии тубингов, ЖБИ, мембран;
- оформление актов обследования существующих конструкций до начала работ.

12.2. Ошибки операционного контроля

- Ориентация только на отчеты подрядчика по режимам щита и тампонажа, без независимой проверки.
- Недооценка мелких течей и «небольших» деформаций крепи и обделки.
- Игнорирование связи пиков деформаций с отдельными этапами работ (смена режима щита, изменение схемы водопонижения и т.п.).
- «Разовые» выезды на критические операции вместо регулярного присутствия.

Меры предотвращения:

- регулярный анализ журналов щита, тампонажа и мониторинга;
- обязательные обходы и осмотры в ключевые этапы (выход щита под зданиями, включение новых этапов проходки, начало реконструкции действующего тоннеля);
- фиксирование даже «малых» отклонений и контроль их динамики.

12.3. Ошибки приемочного контроля

- Приемка тоннелей и станций при неполной исполнительной документации и отчетах по мониторингу.
- Ориентация только на визуальное состояние без проверки геометрии, толщины и протоколов испытаний.
- Игнорирование локальных течей и влажных участков при аргументации «успеем устранить потом».
- Приемка усиления конструкций без подтверждения расчетных параметров (усилия в анкерах, толщина набрызгбетона и обделки).

Меры предотвращения:

- жесткое требование полного пакета исполнительной и испытательной документации до подписания актов;
- выборочный инструментальный контроль (толщина, геометрия, прочность) по наиболее ответственным зонам;
- запрет приемки конструкций с активными течами или неустраняемыми дефектами.

12.4. Ошибки в документировании и взаимодействии

- Отсутствие четких записей в журналах о режимах работ, замечаниях и принятых мерах.

- Устные договоренности о замене материалов и технологий без фиксации и корректировки документации.
- Размытая ответственность между участниками (подрядчик, заказчик, эксплуатация, мониторинг).

Меры предотвращения:

- ведение журналов с максимально конкретными формулировками (что, где, когда, с какими параметрами);
- всякая замена материала или решения – только через письменное согласование и, при необходимости, корректировку проекта;
- понятная матрица ответственности и регулярные совещания с протоколами.

10. ЧЕК-ЛИСТЫ ДЛЯ ЕЖЕДНЕВНОЙ РАБОТЫ ИНЖЕНЕРА СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ МЕТРО

13.1. Ежедневный чек-лист инженера СК на объекте метро

№	Пункт проверки	Отметка (Да/Нет)	Примечание
1	В журнале работ есть запись о выполненных работах за предыдущий день		
2	В журнале входного контроля отражены все поступившие материалы и оборудование		
3	Проведен обход основных фронтов работ (котлованы, тоннели, станции, шахты)		
4	Отсутствуют признаки опасных деформаций (трещины, вывал, осадки) на осмотренных участках		
5	Проверена работа систем водоотвода и водопонижения		
6	Проверены режимы ключевых операций (щит, «стена в грунте», горная проходка, бетонирование) по журналам и фактически		
7	Получены и просмотрены свежие данные мониторинга (если предусмотрено)		

№	Пункт проверки	Отметка (Да/Нет)	Примечание
8	Выявленные замечания зафиксированы в журнале и с фотофиксацией		
9	Оформлены предписания/замечания подрядчику по итогам обхода		
10	Согласован план контрольных мероприятий на следующую смену/день		

13.2. Чек-лист контроля щитовой проходки

№	Пункт контроля	Периодичность	Отметка	Примечание
1	Проверена актуальность ППР на щитовую проходку	При запуске/изменении		
2	Фиксируется давление на забой в установленном диапазоне	Каждый цикл/смена		
3	Скорость проходки соответствует заложенным режимам	Смена		
4	Объем тампонажного раствора на 1 п.м. тоннеля не ниже расчетного	Каждый цикл		
5	Давление тампонажа в допустимых пределах	Постоянно		
6	Отсутствуют провалы поверхности/деформации в зоне прохождения щита	Ежедневно		
7	Монтаж тубингов выполняется по проектной схеме, кольца не смещены, зазоры в допустимых пределах	Выборочно по кольцам		
8	Уплотнители и болты тубингов установлены и затянуты корректно	Выборочно		
9	Анализ данных мониторинга (осадки, смещения) выполнен и учтен при оценке режимов проходки	По регламенту		

№	Пункт контроля	Периодичность	Отметка	Примечание
10	При выявлении неблагоприятных тенденций по деформациям режимы проходки/тампонажа скорректированы и зафиксированы	По факту		

13.3. Чек-лист приемки тоннеля (участка обделки)

№	Параметр	Требование (пример)	Отметка	Примечание
1	Ось тоннеля (план/профиль)	В пределах проектных допусков		
2	Внутренний габарит	Не менее проектного		
3	Толщина обделки (монолит/блоки)	Не менее проектной, по вырубкам/кернам		
4	Состояние тубингов/блоков	Нет сколов, выкрашиваний, деформаций		
5	Состояние швов и стыков	Нет раскрытия, видимых пустот		
6	Течи	Не допускаются активные течи		
7	Лотки и дренажи	Уклоны соблюдены, проходимы		
8	Закладные, ниши, отверстия	В полном объеме, по проектным привязкам		
9	Исполнительные чертежи и схемы	Полный комплект, актуальная редакция		
10	Отчеты мониторинга деформаций	Нет превышения предельных значений		

13.4. Чек-лист приемки станционного комплекса (коробка станции)

№	Параметр	Требование (пример)	Отметка	Примечание
1	Геометрия котлована/объема	Соответствие проекту		

№	Параметр	Требование (пример)	Отметка	Примечание
2	Фундаментная плита	Толщина, армирование, отметки		
3	Наружные стены	Вертикальность, толщина, трещины		
4	Перекрытия и ригели	Толщина, прогибы, дефекты		
5	Платформенный участок	Отметки, уклоны, ровность		
6	Наклонные ходы	Геометрия, отсутствие протечек		
7	Вестибюли и переходы	Габариты, безопасные проходы		
8	Гидроизоляция контура станции	Сплошность, отсутствие активных течей		
9	Дренаж и водоотвод	Работоспособны, уклоны выдержаны		
10	Исполнительная документация и мониторинг	Представлены, без замечаний		

13.5. Чек-лист реконструкции действующего тоннеля/станции

№	Пункт	Отметка	Примечание
1	Исходное состояние конструкций зафиксировано актом обследования		
2	ППР согласован с эксплуатирующей организацией		
3	Регламенты допуска персонала и отключения/блокировок действующих систем учтены		
4	Материалы и технологии ремонта согласованы и совместимы с существующими конструкциями		
5	Инъекции выполняются в установленных режимах (давление, объем, состав)		

№	Пункт	Отметка	Примечание
6	Усиление обделки/конструкций соответствует проекту и не нарушает габаритов		
7	После работ отсутствуют новые трещины, выпучивания и активные течи		
8	Дренаж и водоотвод работают корректно, засоров нет		
9	Габарит по пути и эвакуационным проходам выдержан		
10	Исполнительная документация содержит сравнение «до/после» по ключевым параметрам		

13.6. Чек-лист мониторинга деформаций

№	Пункт	Отметка	Примечание
1	Программа мониторинга утверждена и актуальна		
2	Все предусмотренные точки наблюдений установлены		
3	Измерения выполняются в требуемой периодичности		
4	Данные мониторинга своевременно передаются инженеру СК		
5	Выполнен анализ тенденций за отчетный период		
6	Предупредительные уровни деформаций не превышены / превышение зафиксировано		
7	При превышении уровней реагирования приняты и оформлены меры		
8	Корректировки ППР/режимов работ согласованы и задокументированы		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Строительный контроль при строительстве и реконструкции объектов метрополитена представляет собой систему взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, обеспечивающих требуемую несущую способность, устойчивость, водонепроницаемость и эксплуатационную безопасность подземных сооружений. Последовательное и документально оформленное выполнение входного, операционного и приемочного контроля, увязанное с результатами мониторинга деформаций и влияния работ на окружающую застройку, позволяет своевременно выявлять

отклонения от проектных решений, снижать вероятность аварийных ситуаций и обеспечивать соответствие фактического состояния сооружений требованиям проектной и нормативно-технической документации.

Применение в работе инженера строительного контроля структурированных чек-листов по ключевым видам работ (щитовая и горная проходка, открытый способ, возведение станционных комплексов, шахт и притоннельных сооружений, реконструкция действующих тоннелей и станций, мониторинг деформаций) повышает управляемость процессов контроля, упрощает фиксацию результатов и позволяет обосновывать принимаемые решения на основе единообразных критериев. Методическое использование данных мониторинга при формировании выводов о состоянии сооружений и влиянии работ на окружающую застройку является обязательным элементом современной системы строительного контроля метрополитена.

ЭМЦ СК В ФОРМИРОВАНИИ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Общественное объединение «Экспертно-методический центр строительного контроля и управления строительством» (ЭМЦ СК) подготовило настоящее методическое пособие как рекомендательный практико-ориентированный документ для специалистов, осуществляющих строительный контроль на объектах метрополитена. При разработке систематизированы подходы, применяемые в практике метростроения, с акцентом на конкретные контрольные операции, типовые риски и использование чек-листов для стандартизации повседневной работы инженера строительного контроля.

Пособие сформировано с участием сторонников и членов ЭМЦ СК, имеющих опыт строительного контроля подземных транспортных сооружений, что позволило увязать требования нормативно-технической базы с практикой организации контроля в стесненных городских и эксплуатационных условиях. Координация работ по подготовке документа осуществлялась под руководством председателя ЭМЦ СК Кобеца С.О. и секретаря Координационного совета ЭМЦ СК Туникова М.В.; детальная проработка содержания способствовала целостному изложению материалов и их практической применимости.